有益真绥螨与巴氏新小绥螨的集团内捕食和同类相残作用

郭建晗，孟瑞霞*，张东旭，尹云飞，贾永红，刘文明

(内蒙古农业大学农学院，呼和浩特 010019)

摘要：【目的】有益真绥螨 *Euseius utilis* 是北方地区广泛分布的一种多食性植绥螨，而巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 目前在我国广泛应用于农业害虫的生物防治中。本研究旨在对巴氏新小绥螨在本地的应用进行风险评估及为与有益真绥螨的联合释放提供依据。【方法】本研究在室内通过一系列实验，比较了实验室饲养的巴氏新小绥螨和采自内蒙古农业大学校园的有益真绥螨的雌成螨对同种或异种未成熟螨的捕食量、存活时间及产卵量的差异，检测了有益真绥螨与巴氏新小绥螨两种植绥螨相互之间的攻击强度以及种内和种间的相互作用。【结果】两种植绥螨都难以刺吸同种或异种植绥螨的卵，而对同种或异种植绥螨幼螨的捕食量最大，其次是对若螨。在无共同食物的情况下，有益真绥螨雌成螨对同种植绥螨幼螨的攻击性比对异种植绥螨幼螨的攻击性强(Breslow-Day 检验：$\chi^2 = 13.84$, $df = 1$, $P < 0.001$)，且有益真绥螨对同种植绥螨幼螨的捕食量(9.10 ± 1.65 头)高于对异种植绥螨幼螨的捕食量(5.31 ± 1.43 头)(*T* 检验：$t = 5.487$, $P < 0.001$)，巴氏新小绥螨对异种植绥螨幼螨的捕食量(7.48 ± 0.75 头)高于对同种植绥螨幼螨的捕食量(4.75 ± 0.58 头)(*T* 检验：$t = 9.110$, $P < 0.05$)。【结论】有益真绥螨更倾向于捕食同种幼螨而发生同类相残；巴氏新小绥螨更倾向于捕食异种幼螨而发生集团内捕食。

关键词：有益真绥螨；巴氏新小绥螨；集团内捕食；同类相残；攻击性

中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2016)05-560-08

Intraguild predation and cannibalism in the phytoseiid mites *Euseius utilis* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae)

GUO Jian-Han, MENG Rui-Xia*, ZHANG Dong-Xu, YIN Yun-Fei, JIA Yong-Hong, LIU Wen-Ming

(Inner Mongolia Agricultural University, College of Agriculture, Hohhot 010019, China)

Abstract: 【Aim】*Euseius utilis* is a generalist and widely distributed in northern areas of China, while *Neoseiulus barkeri* is widely used in biocontrol of agricultural pests. The study aims to assess the risk of *N. barkeri* to local species and establish a reasonable combination of different natural enemies in biological control. 【Methods】In a series of experiments under laboratory conditions, the rates of intra- and interspecific predation on immature mites, survival time, and oviposition for the adult females of *N. barkeri* bred in the laboratory and *E. utilis* collected from the campus of Inner Mongolia Agricultural University were compared in order to study the aggressiveness and con- and heterospecific interactions between the two species of phytoseiid mites. 【Results】The females of the two species had difficulties in piercing phytoseiid eggs, and both phytoseiid mites consumed more con- and heterospecific larvae than protonymphs. *E. ulitis* was more aggressive than *N. barkeri* in intraguild predation in absence of shared food (Breslow-Day test: $\chi^2 = 13.84$, $df = 1$, $P < 0.001$). The average daily predation number of *E. ulitis*

基金项目：国家自然科学基金项目(31560529)；国家公益性行业(农业)科研专项项目(200903032)
作者简介：郭建晗，女，1989 年 4 月生，内蒙古乌兰察布人，硕士研究生，研究方向为捕食螨生态学，E-mail：guojianhan0427@163.com

* 通讯作者 Corresponding author，E-mail：mengrx@hotmail.com
收稿日期 Received：2015-12-25；接受日期 Accepted：2016-04-12

on conspecific larvae (9.10 ±1.65) was higher than that on heterospecific larvae (5.31 ±1.43) (*T* test: *t* = 5.487, *P* < 0.001), whereas the average daily predation number of *N. barkeri* on heterospecific larvae (7.48 ±0.75) was higher than that on conspecific larvae (4.75 ±0.58) (*T* test: *t* = 9.110, *P* < 0.05). 【Conclusion】*E. ulitis* is preferentially engaged in cannibalism by consuming the conspecific larvae, whereas *N. barkeri* is preferentially engaged in intraguild predation by consuming the heterospecific larvae.

Key words: *Euseius utilis*; *Neoseiulus barkeri*; intraguild predation; cannibalism; aggressiveness

集团内捕食(intraguild predation, IGP)是一种复杂的种间关系,它的基本模式是由两种同营养级的捕食者及其共有猎物组成,因此发生集团内捕食的两种捕食者既存在竞争关系,也存在捕食或寄生关系;而同类相残(cannibalism)是指在同种个体之间发生捕食作用(Polis *et al.*, 1989)。这些相互关系被认为是动物在竞争环境中维持自身种群至关重要的机制(Schausberger, 1999; 徐学农等, 2013)。植绥螨是植食性害螨和其他一些小型害虫的重要天敌,被广泛应用于生物防治中(孟瑞霞等, 2007; 吴伟南等, 2009; 徐学农等, 2013)。有研究发现,多食性和专食性植绥螨之间普遍存在同类相残和集团内捕食现象(Schausberger, 1997, 1999; Montserrat *et al.*, 2012)。

目前,主要根据发生集团内捕食作用的两个捕食者相互之间的捕食率和攻击强度来确定是集团内捕食者还是集团内猎物(Schausberger and Croft, 2000; Çakmak *et al.*, 2006; Abad-Moyano *et al.*, 2010)。集团内捕食(IGP)可分为单向性和双向性两种类型,单向性 IGP 是指集团内的一种天敌在捕食共有猎物的同时总是还捕食另外一种天敌,双向性 IGP 是指集团内的天敌之间可互相捕食(Polis *et al.*, 1989; Rosenheim *et al.*, 1995)。集团内捕食和涉及天敌的种类有关,可出现在不同的天敌类群与寄主的组合体系中(Farazmand *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2015)。已有研究显示,捕食螨天敌的食性(专食性还是广食性)(Montserrat *et* al., 2012)、发育阶段(Schausberger and Croft, 2000; Momen and Abdel-Khalek, 2009; Montserrat *et al.*, 2012; 彭勇强等, 2013; Sourassou *et al.*, 2013)、靶标猎物的种群密度(Zhang *et al.*, 2014)、植物构造(如能否提供庇护所)(Ferreira *et al.*, 2011)等都将影响着 IGP 发生的频度和方向。

有益真绥螨 *Euseius utilis* 是我国北方地区主要的多食性植绥螨优势种(张金平, 2008; 吴伟南等, 2009; 张鹏飞等, 2012; 张亚玲, 2012),其栖息范围极广,在杂草、灌木和乔木上均有分布(张鹏飞等, 2012)。而巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 是在我国广泛应用的一种多食性植绥螨(吴伟南等, 2009; 徐学农等, 2013; 张东旭等, 2013),对蓟马和叶螨有良好的控制作用,并成为目前国内生产量最大的本土捕食螨种(徐学农等, 2013)。然而任何一种生物防治作用物种在应用前都应进行风险评估,如天敌间的集团内捕食(Rosenheim *et al.*, 1995; Enric and Godfray, 2014)和猎物与天敌之间的反捕食行为(Janssen *et al.*, 1998; Meng *et al.*, 2006, 2012)等,因这些现象都可能对生物防治造成负面的影响。如引入一个自然天敌,而它同时也捕食用来防治其他害虫的自然天敌,那么就可导致其他自然天敌所控猎物种群数量增长的“营养级联”(trophic cascading)效应(Rosenheim *et al.*, 1995)。有鉴于此,我们对有益真绥螨和巴氏新小绥螨在无猎物存在的情况下两种植绥螨相互之间的攻击强度及种内的同类相残和种间的集团内捕食作用进行研究,以明确两者之间的相互关系,为更好地保护利用本地优势捕食螨种群和合理构建天敌组合提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

有益真绥螨采自内蒙古农业大学校园辽宁山楂树 *Crataegus sanguinea* 上,在人工智能气候箱(温度 26.5 ±2℃,光周期 16L: 8D,相对湿度 65% ±5%)中饲养,以蒲棒花粉在黄瓜叶片上建立种群。巴氏新小绥螨来自中国农业科学院植物保护研究所天敌组,以腐蚀酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 饲养建立实验种群。在实验前 1 d,把两种植绥螨从饲养料中分离出,选择活动性较强的雌成螨进行实验。

1.2　实验装置

参照盛福敬(2013)的方法制作实验小室,小室由 3 层有机玻璃组成,中层有机玻璃长 30 mm,宽20 mm,厚 3 mm,在正中打一直径 10 mm 的圆

孔,上、下层同中层长宽,厚 1 mm,中层与下层之间夹有大于有机玻璃面积的黄瓜叶片,内放实验所用捕食螨,盖上上层玻璃,一起用燕尾夹夹紧,放于铺有纱布的托盘(30 cm×15 cm)中,保持纱布湿润。

1.3 捕食量测定

实验在如 1.1 节所述条件的人工智能气候箱中进行,每种植绥螨设置 6 组处理,即植绥螨的雌成螨分别对同种或异种卵、同种或异种幼螨、同种或异种若螨进行捕食。实验中的幼螨、若螨均为同期幼螨和若螨(由雌成螨在 6 h 内所产卵孵化而得)。每组实验重复 10 次,连续观察 7 d。

在每个小室黄瓜 *Cucumis sativus* 叶片上分别放 1 头植绥螨雌成螨,饥饿处理 24 h,在叶片上引入 10 头同种或异种植绥螨的卵、15 头同种或异种植绥螨的幼螨和 10 头同种或异种植绥螨的若螨作为植绥螨的猎物让其进行捕食,经预实验,猎物的数量均为足量。每 24 h 观察 1 次,记录叶片上雌成螨对猎物的卵、幼螨和若螨的捕食量,雌成螨的存活情况以及产卵数量。将剩余未被捕食的猎物清理,挑入新的同期卵、幼螨和若螨。

1.4 攻击性实验

实验在如 1.1 节所述条件的人工智能气候箱中进行,在每个小室中分别接入 1 头有益真绥螨或者巴氏新小绥螨的雌成螨,饥饿处理 24 h 后,将雌成螨产的卵移除。在每个小室中引入 1 头异种植绥螨的幼螨,实验所用的幼螨为提前准备好的同期幼螨。从引入异种植绥螨幼螨开始计时,30 min 内每隔 5 min观察 1 次,30 min 后每隔 20 min 观察 1 次,持续观察 7 h,记录幼螨的存活状态。实验设 2 个处理,即有益真绥螨雌成螨对巴氏新小绥螨幼螨的攻击和巴氏新小绥螨雌成螨对有益真绥螨幼螨的攻击。每个处理重复 15 次。

1.5 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件,利用单因素方差分析(ANOVA)比较植绥螨对同种(或异种)植绥螨不同发育阶段个体捕食量的差异,并用 LSD 测验进行多重比较;用独立样本 *T* 测验,比较植绥螨对同种和异种相同发育阶段的植绥螨个体的捕食量及植绥螨取食后存活时间和产卵量的显著差异性。利用 Kaplan-Meier 生存分析估计幼螨的生存率,从而反映集团内捕食者的攻击强度,并用 Breslow-Day 检验测验比较两种植绥螨对异种幼螨攻击性的差异显著性。

2 结果

2.1 有益真绥螨对同种和异种植绥螨不同螨态个体的捕食

有益真绥螨雌成螨对巴氏新小绥螨幼螨、若螨和卵的捕食量存在极显著差异($F_{2,27}=91.372$, $P<0.001$),其中对幼螨捕食量最大,日均捕食量为 5.31±1.43 头,其次是若螨,均高于对巴氏新小绥螨卵的捕食量,并且对卵的捕食在 10 次重复实验中仅观察到 2 次。同样,有益真绥螨雌成螨对同种植绥螨卵、幼螨和若螨的捕食量之间也存在极显著差异($F_{2,27}=248.507$, $P<0.001$),对幼螨的捕食量最大(9.10±1.65 头),其次是若螨,对同种卵没有发现捕食现象(图 1)。

有益真绥螨雌成螨对同种植绥螨幼螨的捕食量极显著高于对异种植绥螨的幼螨的捕食量(T 检验:$t=5.487$, $P<0.001$),而对同种和异种植绥螨若螨的捕食量差异不大(T 检验:$t=0.266$, $P>0.05$)(图 1)。

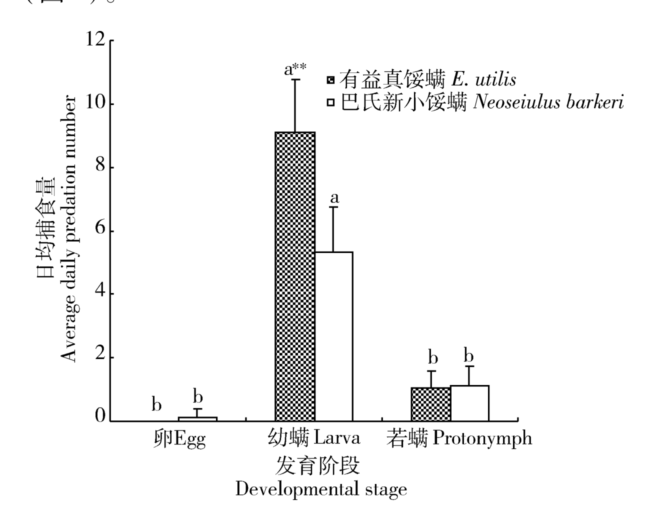


图 1 有益真绥螨对同种和异种植绥螨卵、幼螨和若螨的日均捕食量

Fig. 1 Average daily predation number of *Eusieus utilis* feeding on con- and heterospecific eggs, larvae and protonymphs

图中数值为平均值±标准差;不同小写字母表示不同发育阶段植绥螨捕食量差异显著($P<0.05$),双星号表示相同发育阶段不同植绥螨捕食量差异显著($P<0.001$)。Data are means ± *SD*. Different small letters above bars indicate significant differences in the average daily predation number among different developmental stages of the same phytoseiid mite ($P<0.05$), and double asterisks indicate significant differences in the average daily predation number of the same developmental stage between two species of phytoseiid mites ($P<0.001$).

当有益真绥螨雌成螨以同种植绥螨幼螨为食时,在实验过程的 7 d 内均有产卵现象,从第 1–7 天产卵雌成螨占存活雌成螨的比例分别为 5/10, 8/

10, 8/10, 5/9, 5/8, 3/8 和 1/8,到实验结束时,只剩 1 头捕食螨产卵,且仍有 8 头雌成螨存活(图 2：A)。当有益真绥螨雌成螨以异种植绥螨幼螨为食时,在实验过程中同样地都有产卵,且在实验结束时仍有 9 头雌成螨存活(图 2：B)。有益真绥螨雌成螨以同种植绥螨幼螨为食的存活时间(6.30 ± 0.47 d)与以异种植绥螨幼螨为食的存活时间(6.60 ± 0.40 d)无显著差异(*T* 检验：$t = 0.485$, $P > 0.05$)；以同种植绥螨幼螨为食的产卵量(0.58 ± 0.05 头)和以异种植绥螨幼螨为食的产卵量(0.73 ± 0.12 头)也无显著差异(*T* 检验：$t = 1.166$, $P > 0.05$)(图 2：A, B)。

当有益真绥螨雌成螨捕食同种植绥螨若螨时,第 1 天产卵的雌成螨占存活的雌成螨的比例是 1/10,从第 2 天开始停止产卵,第 6 天时雌成螨全部死亡(图 2：C)。以巴氏新小绥螨若螨为食时,第 1 天产卵的雌成螨占存活的雌成螨的比例是 1/10,同样从第 2 天开始停止产卵,在实验结束时,仍有 1 头雌成螨存活(图 2：D)。有益真绥螨以同种植绥螨若螨为食的存活时间(2.10 ± 0.41 d)与以异种植绥螨若螨为食的存活时间(2.70 ± 0.70 d)无显著差异(*T* 检验：$t = 0.741$, $P > 0.05$)；以同种植绥螨若螨为食的产卵量(0.10 ± 0.10 头)和以异种植绥螨若螨为食的产卵量(0.11 ± 0.10 头)也无显著差异(*T* 检验：$t = 0.101$, $P > 0.05$)(图 2：C, D)。

图 2　有益真绥螨以同种或异种植绥螨幼螨和若螨为食的产卵量和存活数

Fig. 2　Mean number of eggs laid and mean number of survived adult females of *Euseius utilis* feeding on con- and heterospecific larvae or protonymphs

A：有益真绥螨幼螨 *E. utilis* larvae；B：巴氏新小绥螨幼螨 *Neoseiulus barkeri* larvae；C：有益真绥螨若螨 *E. utilis* protonymphs；D：巴氏新小绥螨若螨 *N. barkeri* protonymphs.

2.2　巴氏新小绥螨对同种和异种植绥螨不同螨态个体的捕食

巴氏新小绥螨雌成螨对有益真绥螨卵、幼螨和若螨的捕食量之间有极显著的差异($F_{2,27} = 807.598$, $P < 0.001$),其中对幼螨的捕食量最大,日均捕食量为 7.48 ± 0.75 头,并且极显著高于对若螨和卵的捕食量。巴氏新小绥螨雌成螨对同种植绥螨幼螨、若螨和卵的捕食量之间也存在极显著差异($F_{2,27} = 620.055$, $P < 0.001$),对幼螨的捕食量最大(4.75 ± 0.58 头),其次是若螨,对同种卵没有发现捕食现象(图 3)。

巴氏新小绥螨雌成螨对异种植绥螨幼螨的捕食量显著高于对同种植绥螨幼螨的捕食量(*T* 检验：$t = 9.110$, $P < 0.05$),而对于同种和异种植绥螨的若螨的捕食量差异不大(*T* 检验：$t = 0.525$, $P > 0.05$)(图 3)。

当巴氏新小绥螨雌成螨以同种植绥螨幼螨为食时,在实验过程的前 5 d 内均有产卵现象,从第 1 − 5 天产卵雌成螨占存活雌成螨的比例分别为 5/10, 8/10, 4/10, 3/9 和 1/7,第 6 天停止产卵,实验结束时仍有 2 头雌成螨存活(图 4：A)。当巴氏新小绥螨雌成螨以有益真绥螨幼螨为食时,实验过程中同样

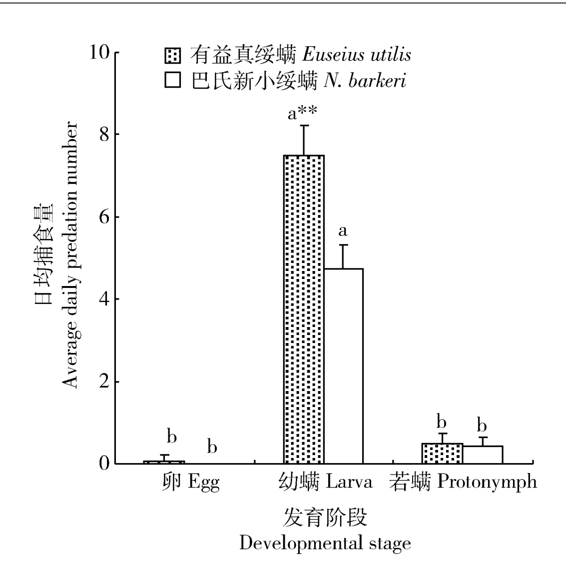


图 3　巴氏新小绥螨对同种和异种植绥螨卵、幼螨或若螨日均捕食量

Fig. 3　Average daily predation number of *Neoseiulus barkeri* feeding on con- and heterospecific eggs, larvae or protonymphs

图中数据为平均值 ± 标准差；不同小写字母表示不同发育阶段植绥螨捕食量差异显著($P<0.05$)，双星号表示相同发育阶段不同植绥螨捕食量差异显著($P<0.001$)。Data are means ± *SD*. Different small letters above bars indicate significant differences in the average daily predation number among different developmental stages of the same phytoseiid mite ($P<0.05$), and double asterisks indicate significant differences in the average daily predation number of the same developmental stage between two species of phytoseiid mites ($P<0.001$).

都有产卵，产卵雌成螨一直保持较高比例，在实验结束时仍有 9 头雌成螨存活（图 4：B）。巴氏新小绥螨雌成螨以同种植绥螨幼螨为食的存活时间(5.00 ±0.39 d)与以异种植绥螨幼螨为食的存活时间(6.60 ±0.40 d)有显著差异（T 检验：$t=2.848$，$P<0.05$）；以同种植绥螨幼螨为食的产卵量(0.46 ±0.04 头)和以异种植绥螨幼螨为食的产卵量(0.60 ±0.14 头)也无显著差异（T 检验：$t=0.981$，$P>0.05$）（图 4：A，B）。

当巴氏新小绥螨雌成螨捕食同种植绥螨若螨时，前 3 d 产卵的雌成螨占存活的雌成螨的比例分别是 6/10，3/9 和 1/6，从第 4 天开始停止产卵，第 6 天雌成螨全部死亡（图 4：C）。以有益真绥螨若螨为食时，前 3 天产卵的雌成螨占存活的雌成螨的比例分别是 3/10，3/10 和 1/10，从第 4 天开始停止产卵，同样第 6 天时雌成螨全部死亡（图 4：D）。巴氏新小绥螨以同种植绥螨若螨为食的存活时间(3.00 ±0.39 d)与以异种若螨为食的存活时间(3.80 ±0.29 d)无显著差异（T 检验：$t=1.633$，$P>0.05$），以同种植绥螨若螨为食的产卵量(0.37 ±0.11 头)和以异种植绥螨幼螨为食的产卵量(0.15 ±0.65 头)也无显著差异（T 检验：$t=1.781$，$P>0.05$）（图 4：C，D）。

2.3　雌成螨对异种幼螨的攻击性

在有益真绥螨和巴氏新小绥螨攻击性实验中，

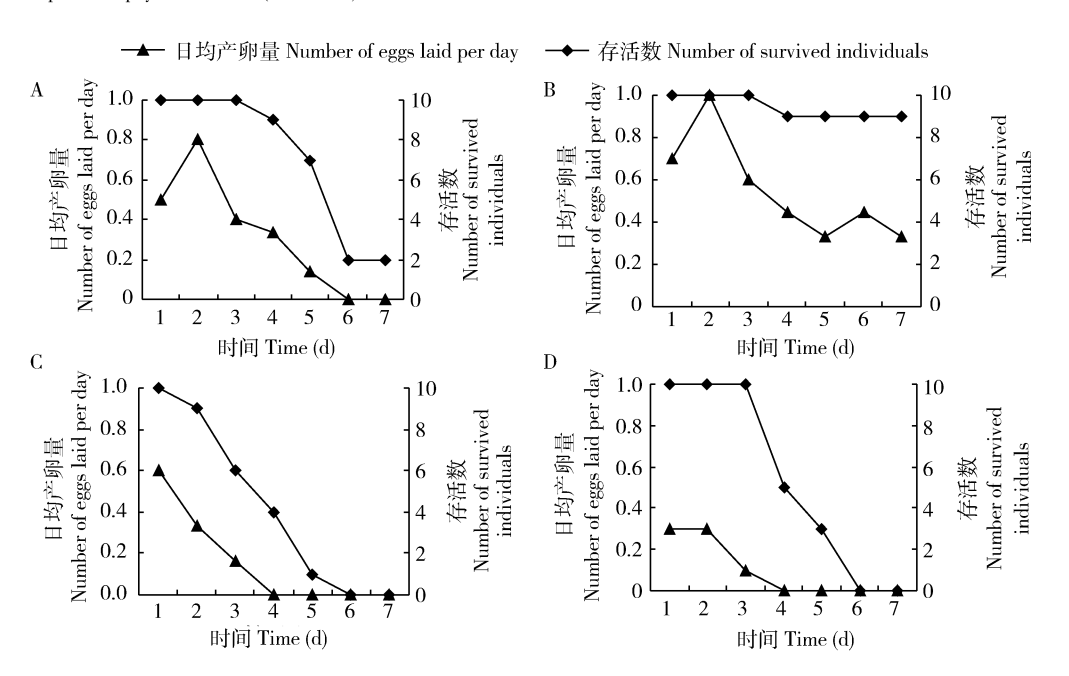


图 4　巴氏新小绥螨以同种和异种植绥螨幼螨或若螨为食的产卵量和存活数

Fig. 4　Mean number of eggs laid and mean number of survived adult females of *Neoseiulus barkeri* feeding on con- and heterospecific larvae or protonymphs

A：巴氏新小绥螨幼螨 *N. barkeri* larvae；B：有益真绥螨幼螨 *Euseius utilis* larvae；C：巴氏新小绥螨若螨 *N. barkeri* protonymphs；D：有益真绥螨若螨 *E. utilis* protonymphs.

两者的雌成螨对于彼此的幼螨都发生了捕食行为。在 30 min 内,有 33.0% 的有益真绥螨雌成螨成功捕食了巴氏新小绥螨的幼螨,在 60 min 内成功捕食的有益真绥螨雌成螨比例达到了 53.0%;而巴氏新小绥螨雌成螨在 60 min 内都没有成功捕食有益真绥螨幼螨。在实验结束时(即 420 min 内),有 80.0% 的有益真绥螨雌成螨成功捕食了巴氏新小绥螨幼螨,而只有 46.7% 的巴氏新小绥螨雌成螨捕食了有益真绥螨幼螨。有益真绥螨雌成螨捕食巴氏新小绥螨幼螨的平均时间是 58.1 ± 21.2 min,而巴氏新小绥螨雌成螨捕食有益真绥螨幼螨的平均时间为 171.4 ± 25.8 min。Kaplan-Meier 生存分析表明,有益真绥螨雌成螨对巴氏新小绥螨幼螨的攻击性显著强于巴氏新小绥螨雌成螨对有益真绥螨幼螨的攻击性($\chi^2 = 13.84$, $df = 1$, $P < 0.001$)(图 5)。

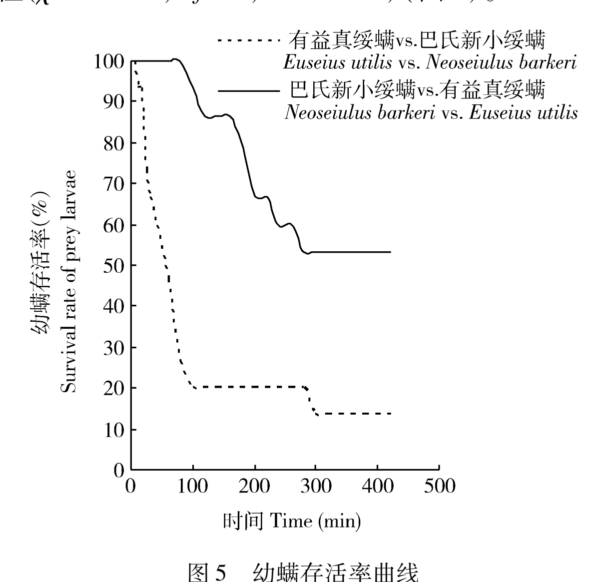


图 5　幼螨存活率曲线

Fig. 5　Survival curve of intraguild prey larvae

3　结论与讨论

通过比较有益真绥螨和巴氏新小绥螨雌成螨对异种植绥螨未成熟个体的捕食(集团内捕食)和对同种植绥螨未成熟个体的捕食(同类相残),得出两种植绥螨均对异种或同种植绥螨幼螨的捕食量最大,其次是若螨,而对卵的捕食量极低。在无共同食物的情况下,有益真绥螨雌成螨对同种植绥螨幼螨的捕食量显著高于对异种植绥螨幼螨的捕食量;巴氏新小绥螨雌成螨对异种植绥螨幼螨的捕食量显著高于对同种植绥螨幼螨的捕食量。这两种情况说明,这两种植绥螨在无共同猎物而同时发生时,有益真绥螨更倾向于发生同类相残,巴氏新小绥螨更倾向于发生集团内捕食。但要确定这两种植绥螨哪个是集团内捕食者哪个是集团内猎物,还需要进一步的实验证明。另有研究显示,巴氏新小绥螨对黄瓜新小绥螨在无猎物存在时都表现出了较强的攻击率和捕食率(彭勇强等, 2013),而在有猎物时的捕食率降低(Zhang *et al*., 2014),说明猎物的存在会影响捕食率的高低。

有益真绥螨和巴氏新小绥螨雌成螨对同种和异种植绥螨若螨的捕食量很低,其他一些种类植绥螨也有相似的情况(Schausberger, 1997, 1999; Momen and Abdel-Khalek, 2009)。Meszaros 等(2007)认为假定若螨比幼螨提供更多的营养,那么可以推测出植绥螨雌成螨在获得等量营养时,对同种或异种若螨的捕食量一般低于对幼螨的捕食量,但若螨所提供给植绥螨雌成螨的营养少于植绥螨雌成螨搜寻和捕杀一头若螨所消耗的能量(由于若螨的反抗及其表皮更为坚硬)(Croft and Croft, 1996; Schausberger, 1997; Schausberger and Croft, 2000; Schausberger, 2003),使得植绥螨雌成螨在捕食若螨时入不敷出,因此植绥螨雌成螨更倾向于不捕食以减小能量的消耗。

巴氏新小绥螨和有益真绥螨对同种或异种植绥螨的卵几乎均不捕食,已有研究表明,在集团内捕食中,捕食者很难刺破散布的卵,卵不是捕食者的主要取食对象(Schausberger, 1999; Schausberger and Croft, 2000)。几乎所有的植绥螨种类在不同发育阶段都很难刺破植绥螨的卵壳(chorion),包括那些优先捕食叶螨卵的植绥螨如智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis*、长毛新小绥螨 *Neoseiulus longispinosus* 和虚伪新小绥螨 *Neoseiulus fallacis* (Walzer *et al*., 2001)。这可能是由于:(1)植绥螨口器不适合刺破植绥螨椭圆形的卵;(2)卵壳上的异种物质阻止同类相残的发生(Schausberger, 2003)。对于卵和幼螨的同类相残,发现一些植绥螨像加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 等雌成螨在同种植绥螨卵的附近静伏以等待幼螨的孵化(Walzer *et al*, 2001)。

有益真绥螨和巴氏新小绥螨在无猎物存在时以同种或异种植绥螨幼螨为食的日均产卵量均小于 1 头,巴氏新小绥螨与黄瓜新小绥螨之间也有相似情况(彭勇强等, 2013),均小于其以正常猎物如截形叶螨 *Tetranychus truncatus* 为食的日均产卵量(有益真绥螨:1.75 ± 0.03 头;巴氏新小绥螨:1.89 ± 0.04

头)(张鹏飞, 2012)。因此,尽管植绥螨之间普遍存在集团内捕食和同类相残的现象,但是这两种关系都不是植绥螨正常生存的最佳选择,只有在缺乏食物时,植绥螨为了延长存活时间,才会选择捕食同种或异种个体。当用两种植绥螨防治同一害虫时,如果害虫虫口密度低,植绥螨就会因食物不足而发生集团内捕食,这样导致的最严重后果是其中一种植绥螨灭绝,另一种植绥螨数量减少,从而导致植绥螨防治害虫的失败(Montserrat *et al*., 2012)。

在无共同猎物而同时发生时,有益真绥螨更倾向于发生同类相残。有研究表明芬兰真绥螨 *Euseius finlandicus* 是很强的同类相残者,每个雌成螨平均每天可以杀死并取食 6 头同种植绥螨幼螨(Schausberger, 1997)。有益真绥螨平均每天杀死并取食 9.08 头同种植绥螨幼螨,高于芬兰真绥螨的取食量。同类相残种类的个体,优先捕食比自身小的且易受攻击的阶段的个体,因为捕食同样大小的个体可能会耗能多而且也是一种高风险的获取能量的途径,同时相同大小的猎物也可能会积极地保护自己,以极端的方式进行反攻击(counter-attacks)。植绥螨会最小化这种风险,即在同类相残中偏好捕食较小或易受攻击的个体(Momen and Abdel-Khalek, 2009)。同类相残是在没有其他食物时取得替代食物的途径,或者在必需营养缺乏时补充营养的途径(Momen and Abdel-Khalek, 2009)。

在攻击性实验中,幼螨死亡的主要原因是异种植绥螨雌成螨的捕食,因此,可以通过幼螨的生存功能函数来反映集团内捕食者的攻击强度(Abad-Moyano *et al*., 2010)。通过生存分析,有益真绥螨雌成螨捕杀巴氏新小绥螨幼螨的平均时间是57.9 ± 21.2 min,巴氏新小绥螨雌成螨捕杀有益真绥螨幼螨的平均时间为 171.4 ± 25.8 min,表明有益真绥螨对巴氏新小绥螨幼螨的攻击性更强。这个结果与 Abad-Moyano 等(2010)的结果相似,他们研究了西班牙小柑橘园防治二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 的多食性植绥螨草茎真绥螨 *Euseius stipulatus*、加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 和专食性植绥螨智利小植绥螨 *Phyoseiulus persimilis* 三者之间的集团内关系,草茎真绥螨雌成螨对加州新小绥螨和智利小植绥螨幼螨的平均捕食时间分别是 26.9 ± 8.9 和 98.1 ± 25.7 min,而加州新小绥螨雌成螨和智利小植绥螨雌成螨对草茎真绥螨幼螨的攻击时间分别为 345.7 ± 28.7 和 400.9 ± 18.6 min,表明草茎真绥螨对加州新小绥螨和智利小绥螨有很强的攻击性(Walzer and Schausberger, 1999)。这说明攻击性强的植绥螨雌成螨能很快地搜寻并捕杀到攻击性弱的植绥螨的幼螨,而攻击性弱的植绥螨雌成螨在搜寻和捕杀攻击性强的植绥螨幼螨时则需要消耗更多的时间。

最新研究表明,集团内捕食作用不仅发生在一种植绥螨雌成螨和异种植绥螨的未成熟个体之间,而且一种植绥螨的雌成螨还可以攻击比它体型小的异种植绥螨个体(雌成螨、雄成螨、若螨和幼螨)(Sourassou *et al*., 2013)。本实验中的两种植绥螨的雌成螨可以攻击同种或异种植绥螨比其个体小的未成熟个体(幼螨和若螨),但是否会攻击同种个体的雄成螨或异种个体的雌、雄成螨,还有待进一步研究。

参考文献(References)

Abad-Moyano R, Urbaneja A, Schausberger P, 2010. Intraguild interactions between *Euseius stipulatus* and the candidate biological control agents of *Tetranychus urticae* in Spanish clementine orchards: *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Exp. Appl. Acarol*., 50: 23 – 34.

Çakmak I, Janssen A, Sabelis MW, 2006. Intraguild interactions between the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. *Exp. Appl. Acarol*., 38: 33 – 46.

Croft BA, Croft MB, 1996. Intra- and interspecific predation among adult female phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): effects on survival and reproduction. *Environ. Entomol*., 25: 853 – 858.

Enric F, Godfray HCJ, 2014. Avoidance of intraguild predation leads to a long-term positive trait-mediated indirect effect in an insect community. *Oecologia*, 174: 943 – 952.

Farazmand A, Fathipour Y, Kamali K, 2015. Intraguild predation among *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae), *Neoseiulus californicus* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Insect Sci*., 22: 263 – 272.

Ferreira JAM, Cunha DFS, Pallini A, Sabelis MW, Janssen A, 2011. Leaf domatia reduce intraguild predation among predatory mites. *Ecol. Entomol*., 36: 435 – 441.

Janssen A, Pallini A, Venzon M, Sabelis MW, 1998. Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. *Exp. Appl. Acarol*., 22: 497 – 521.

Kumar B, Mishra G, Omkar, 2015. Prey species modify interactions within two predator conspecific and heterospecific combinations: a case study using two sympatric *Coccinella* species (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Asia-Pacific Entomol*., 18: 109 – 116.

Meng RX, Janssen A, Nomiko M, Zhang QW, Sabelis MW, 2006. Previous and present diets of mite predators affect antipredator behaviour of whitefly prey. *Exp. Appl. Acarol*., 38: 113 – 124.

Meng RX, Sabelis MW, Janssen A, 2012. Limited predator-induced dispersal in whiteflies. *PLoS ONE*, 7: 1 – 6.

Meng RX, Zhang QW, Liu XX, 2007. Recent progress in biological control of *Bemisia tabaci* with phytoseiid predators. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 798 – 803. [孟瑞霞，张青文，刘小侠，2007. 利用植绥螨防治烟粉虱的进展. 昆虫知识，44(6): 798 – 803]

Meszaros A, Tixier MS, Cheval B, Barbar Z, Kreiter S, 2007. Cannibbalism and intraguild predation in *Typhlodromus exhilaratus* and *T. phialatus* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Exp. Appl. Acarol.*, 33: 37 – 43.

Momen FM, Abdel-Khalek A, 2009. Cannibalism and intraguild predation in the phytoseiid mites *Typhlodromus swirskii*, *Euseius scutalis* and *Typhlodromus athiasae* (Acari: Phytoseiidae). *Acarina*, 17: 223 – 229.

Montserrat M, Magalhães S, Sabelis MW, de Roos AM, Janssen A, 2012. Invasion success in communities with reciprocal intraguild predation depends on the stage structure of the resident population. *Oikos*, 121: 67 – 76.

Peng YQ, Meng RX, Zhang DX, Zhang PF, Han YH, 2013. Cannibalism and intraguild predation of phytoseiid mites *Neoseiulus barkeri* and *Neoseiulus cucumeris*. *Chinese Journal of Ecology*, 32(7): 1825 – 1831. [彭永强，孟瑞霞，张东旭，张鹏飞，韩玉花，2013. 两种植绥螨同类相残和集团内捕食作用. 生态学杂志，32(7): 1825 – 1831]

Polis GA, Myer CA, Holt RD, 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 20: 297 – 330.

Rosenheim JA, Kaya HK, Ehler LE, Marois JJ, Jaffee BA, 1995. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *BioControl*, 5: 303 – 335.

Schausberger P, 1997. Inter- and intraspecific predation on immatures by adult females in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 21: 131 – 150.

Schausberger P, 1999. Predation preference of *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae) when offered con- and heterospecific immature life stages. *Exp. Appl. Acarol.*, 23: 389 – 398.

Schausberger P, 2003. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. *Exp. Appl. Acarol.*, 29: 173 – 191.

Schausberger P, Croft BA, 2000. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? *Exp. Appl. Acarol.*, 24: 709 – 725.

Sheng FJ, 2013. Studies on Alternative Prey and Preliminary Exploration and Application of *Amblyseius orientalis* (Acari: Phytoseiidae) Controlling on *Bemisia tabaci*. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [盛福敬，2013. 东方钝绥螨替代猎物的研究及防治烟粉虱的初步探索与应用. 北京：中国农业科学院硕士学位论文]

Sourassou NF, Hanna R, Negloh K, Breeuwer JAJ, Sabelis MW, 2013. Females as intraguild predators of males in cross-pairing experiments with phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.*, 61: 173 – 182.

Walzer A, Blümel S, Schausberger P, 2001. Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. *Exp. Appl. Acarol.*, 25(9): 731 – 743.

Walzer A, Schausberger P, 1999. Predation preferences and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *BioControl*, 43: 469 – 478.

Wu WN, Ou JF, Huang JL, 2009. Fauna Sinica, Invertebrata, Vol. 47. Arachnida, Acari, Phytoseiidae. Science Press, Beijing. [吴伟南，欧剑峰，黄静玲，2009. 中国动物志，无脊椎动物，第 47 卷. 蛛形纲，蜱螨亚纲，植绥螨科. 北京：科学出版社]

Xu XN, Lv JL, Wang ED, 2013. Review of research on predatory mites and its applications in China. *China Plant Protection*, 33(10): 26 – 34. [徐学农，吕佳乐，王恩东，2013. 捕食螨在中国的研究与应用. 中国植保导刊，33(10): 26 – 34]

Zhang B, Zheng WW, Zhao WJ, Xu XN, Liu J, Zhang HY, 2014. Intraguild predation among the predatory mites *Amblyseius eharai*, *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius barkeri*. *Biocontrol Sci. Tech.*, 24(1): 103 – 115.

Zhang DX, Meng RX, Zhang PF, Jia YH, Peng YQ, Han YH, 2013. Study on the foraging ability of the predatory mite *Neoseiulus barkeri*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(1): 203 – 209. [张东旭，孟瑞霞，张鹏飞，贾永红，彭勇强，韩玉花，2013. 巴氏新小绥螨对猎物搜寻能力的研究. 应用昆虫学报，50(1): 203 – 209]

Zhang JP, 2008. Investigation of Phytoseiid Mites in Beijing and An Evaluation of the Control Ability of *Neoseiulus barkeri* on Western Flower Thrips. MSc Thesis, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou. [张金平，2008. 北京地区植绥螨调查及巴氏新小绥螨对西花蓟马控制能力研究. 福州：福建农林大学硕士学位论文]

Zhang PF, 2012. The Phytoseiid Mites and Evaluation of Dominant Species in Inner Mongolia. MSc Thesis, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot. [张鹏飞，2012. 内蒙古的捕食螨资源及优势种评价. 呼和浩特：内蒙古农业大学硕士学位论文]

Zhang PF, Meng RX, Zhang DX, Jia YH, Peng YQ, Han YH, 2012. Newly recorded species of phytoseiid predators in Inner Mongolia, *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 33(3): 16 – 19. [张鹏飞，孟瑞霞，张东旭，贾永红，彭勇强，韩玉花，2012. 内蒙古地区植绥螨的新记录种. 内蒙古农业大学学报，33(3): 16 – 19]

Zhang YL, 2012. An Investigation of Predatory Mites in Gansu Province and Ontogenetic Study on *Euseius utilis* Liang *et* Ke. MSc Thesis, Gansu Agricultural University, Lanzhou. [张亚玲，2012. 甘肃省捕食螨资源调查及有益真绥螨个体发育形态学研究. 兰州：甘肃农业大学硕士学位论文]

（责任编辑：赵利辉）